

## System and method for bone segment navigation

**Publication number:** DE19747427

**Publication date:** 1999-05-06

**Inventor:** MARMULLA RUEDIGER DR DR (DE)

**Applicant:** ZEISS CARL FA (DE)

**Classification:**

- international: **A61B19/00; A61B19/00;** (IPC1-7): A61B19/00;  
A61C19/04

- european: A61B19/00M

**Application number:** DE19971047427 19971028

**Priority number(s):** DE19971047427 19971028

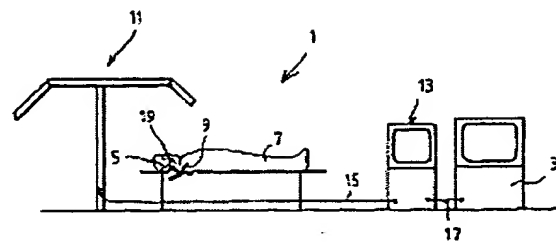
**Also published as:**

WO9921498 (A1)  
EP0955927 (A1)  
US6241735 (B1)  
EP0955927 (A0)  
EP0955927 (B1)

Report a data error here

### Abstract of DE19747427

The invention relates to a bone segment navigation system (1) comprising a planning unit (3) for the planning of bone segment displacement, a marker device (9) which is joined to the bone segment (5), a position detection unit (11) for said marker device (9) and a display and processing unit (13) connected to the position detection unit (11) and the planning unit (3) in order to indicate deviation in the actual position of the bone segment (5) in relation to a planned bone segment final position or a planned bone segment displacement path, whereby the marker device is connected in a clearly reproducible manner to the bone segment (5) by means of a template (19) allocated to the bone segment (5). Once the template (19) is applied and secured to the bone segment (5) it is possible to establish a correlation between the patient and the image or planning data set without any encroachment or detection in relation to the position of individual bone points.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 47 427 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**A 61 B 19/00**  
A 61 C 19/04

⑳ Aktenzeichen: 197 47 427.6  
㉔ Anmeldetag: 28. 10. 97  
㉕ Offenlegungstag: 6. 5. 99

**DE 197 47 427 A 1**

⑦① Anmelder:  
Fa. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

⑦② Erfinder:  
Marmulla, Rüdiger, Dr.Dr., 93053 Regensburg, DE

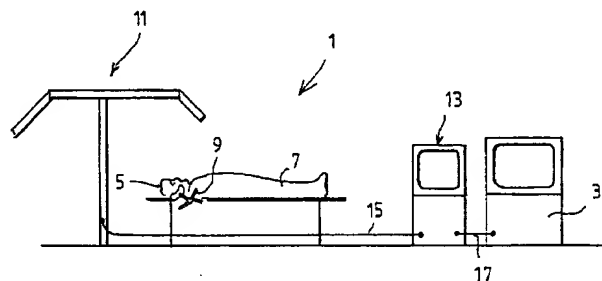
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
US 55 64 437  
WO 94 18 899

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ System zur Knochensegmentnavigation

⑤⑦ Bei einem System (1) zur Knochensegmentnavigation mit einer Planungseinheit (3) zur Planung einer Knochensegmentverschiebung, einer mit einem Knochensegment (5) zu verbindenden Markeranordnung (9), einer die Position der Markeranordnung (5) erfassenden Positionserfassungseinheit (11) und einer Anzeige- und Verarbeitungseinheit (13), welche mit der Positionserfassungseinheit (11) und der Planungseinheit (3) verbunden ist, um die Abweichung der aktuellen Position des Knochensegments (5) von einer geplanten Knochensegmentendposition bzw. von einem geplanten Knochensegmentverschiebeweg anzuzeigen, ist die Markeranordnung (9) über eine dem Knochensegment (5) zugeordnete Schablone (19) mit dem Knochensegment (5) verbunden.



**DE 197 47 427 A 1**

Die Erfindung betrifft ein System zur Knochensegmentnavigation nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Eine derartige System ist aus der US 5,279,309 bekannt. Dabei wird die Position des Knochensegments mit Hilfe von Markern erfaßt, welche an in die Knochensegmentoberfläche eindringenden Nadeln in Abstand von der Knochensegmentoberfläche angeordnet sind.

Diese Anordnung der als Leuchtdioden (LED) ausgebildeten Marker läßt aber ihre exakte räumliche Beziehung zu dem Knochensegment bzw. dem präoperativen Datensatz grundsätzlich offen. Dem kann dadurch begegnet werden, daß der präoperative Datensatz bereits mit den in das Knochensegment eingesteckten Nadeln erstellt wird, was allerdings einen den Patienten belastenden, der eigentlichen Knochensegmentverschiebung vorausgehenden chirurgischen Eingriff zum Setzen der Markernadeln erforderlich macht.

Eine andere in der US 5,279,309 angesprochene Möglichkeit, die Marker in räumliche Beziehung zu dem Knochensegment zu setzen, besteht darin, sowohl die Marker als auch das Knochensegment mit der Spitze eines Tasters bzw. Pointers abzutasten, deren Position über die Positionserfassungseinheit gemessen werden kann. Wenn während der Operation dann mit der Pointerspitze sowohl am Knochensegment selbst als auch im präoperativen Datensatz eindeutig erkennbare Punkte, sogenannte charakteristische Punkte, angetastet und positionsmäßig erfaßt werden, kann die räumliche Beziehung der Marker zu dem Knochensegment festgestellt werden. Dies setzt aber voraus, daß es derartige charakteristische Punkte gibt.

Bei vielen Knochensegmenten ist dies allerdings nicht der Fall, wodurch die in der US 5,279,309 erwähnte Positionsbestimmung des Knochensegments selbst nicht mit der für einige Anwendungsfälle erforderlichen Genauigkeit möglich ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein System zur Knochensegmentnavigation bereit zustellen, mit welchem die Position beliebiger Knochensegmente zuverlässig und genau erfaßt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein System zur Knochensegmentnavigation nach Anspruch 1 gelöst.

Denn durch die Verbindung der Markeranordnung mit dem Knochensegment über eine dem Knochensegment zugeordnete Schablone ist man nicht mehr auf einzelne charakteristische Punkte angewiesen, sondern kann die gesamte Oberfläche des Knochensegments zur eindeutigen Zuordnung der Lage der Markeranordnung zum Knochensegment verwenden.

Die Unteransprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Erfindung.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems zur Knochensegmentnavigation und

**Fig. 2** eine schematische Darstellung der Schablone von **Fig. 1** im Detail.

In **Fig. 1** ist ein erfindungsgemäßes System 1 zur Knochensegmentnavigation dargestellt. Das System 1 umfaßt eine vorzugsweise einen Bildschirm aufweisende Planungseinheit 3, welche die Planung einer Knochensegmentverschiebung anhand eines z. B. durch CT erstellten präoperativen Datensatzes ermöglicht.

Es soll ein Knochensegment 5 eines Patienten 7 relativ zum Rest des Patienten 7, spezieller zu dessen Gesichtsschädel, in vorausgeplanter Weise verschoben werden.

An dem zu verschiebenden Knochensegment 5 ist eine Markeranordnung 9 angebracht, deren Position von einer Positionserfassungseinheit 11 gemessen werden kann. Die einzelnen Marker der Markeranordnung 9 sind Infrarot-Leuchtdioden, deren Positionen von der drei infrarotempfindliche Kameras umfassenden Positionserfassungseinheit 11 erfaßt werden können. Die erfaßten Markerpositionen werden über eine Signalleitung 15 in eine Anzeige- und Verarbeitungseinheit 13 eingegeben, welche über eine weitere Signalleitung 17 ferner mit der Planungseinheit 3 verbunden ist. Dadurch werden der Anzeige- und Verarbeitungseinheit 13 auch der geplante Verschiebeweg bzw. die geplante Endposition bzw. Endorientierung des Knochensegments 5 übergeben.

Die Anzeige- und Verarbeitungseinheit 13 berechnet die Abweichung der aktuellen Position des Knochensegments 5 von seiner geplanten Position oder von seiner geplanten Endposition, und zeigt diese Abweichung dem Chirurgen grafisch und/oder koordinatenmäßig an.

Die Oberfläche des zu navigierenden, d. h. definiert zu verschiebenden, Knochensegments kann sowohl als polygonale oder abstrahierte trianguläre Struktur wiedergegeben werden, die intraoperativ mit einer kongruenten Figur in der Zielposition in Deckung zu bringen ist.

An das System kann auch ein computergesteuerter mechanischer Arm eines Roboters angesetzt werden, der das knöcherne Segment anhand der Ausgangs- und Zielkoordinaten selbständig in die gewünschte Position führt und dort fixiert hält.

**Fig. 2** zeigt die dem Knochensegment 5 spezifisch zugeordnete und mit dem Knochensegment 5 über Osteosyntheseschrauben verschraubte Schablone 19 im Detail. Die Schablone 19 weist einen Paßflächenteil 23 mit einer an die jeweiligen konvexen und konkaven Oberflächenbereiche des Knochensegments 5 sich anschmiegenden Paßfläche 21 auf, welche eine eindeutige Zuordnung der Markeranordnung 9 zu dem Knochensegment 5 gewährleistet. Dabei ist zu beachten, daß die Paßfläche 21 auf der in **Fig. 2** nicht zu sehenden Rückseite des Paßflächenteils 23 angeordnet ist.

Da die Schablone 19 bereits anhand des präoperativen Datensatzes herstellbar ist, ist ein der eigentlichen Knochensegmentoperation vorausgehender chirurgischer Eingriff zum Setzen von Markern, welche dann im präoperativen Datensatz erscheinen, überflüssig. Die Erstellung eines 3D-Modells zur Fertigung der Schablone beschränkt sich dabei – kostenreduzierend – auf die Oberfläche des zu navigierenden Knochensegments.

Die Markeranordnung 9 umfaßt Infrarot-Leuchtdioden 25, 27, 29, welche an den äußeren Enden einer dreispeichigen Trägerstruktur 31 angebracht sind. Die Trägerstruktur 31 ist mit dem Paßflächenteil 23 der Schablone 19 über einen länglichen Griffteil 33 lösbar verbunden. Dazu ist der Griffteil 33 über eine eindeutig reproduzierbare Steckverbindung mit dem Paßflächenteil 23 verbunden. Die Verbindung besteht aus drei Pins 35, welche eine Patritze bilden und mit einer entsprechenden, in das Paßflächenteil 23 einpolymerisierbaren Matrice zusammenwirken.

Mit 37, 39 und 41 sind Fenster in dem Paßflächenteil 23 bezeichnet, über die eine Pointerspitze die Oberfläche des Knochensegments 5 direkt berühren kann, um ausgewählte Bereiche der Oberfläche des Knochensegments 5 unmittelbar bezüglich der Position zu vermessen.

Mit dem erfindungsgemäßen System kann eine Knochensegmentnavigation wie folgt ablaufen:

1. Bestimmung der Anfangs- bzw. Ist-Position von Knochenreferenzpunkten anhand eines präoperativen dreidimensionalen Datensatzes mit der Planungsein-

heit. Die Knochenreferenzpunkte müssen dank der Erfindung keine charakteristischen Punkte sein, da sie über die spezifische Schablonenpaßfläche eindeutig bestimmbar sind.

2. Bestimmung der End- bzw. Sollposition der Knochenreferenzpunkte mit der Planungseinheit.
3. Anfertigen der Schablone anhand des präoperativen dreidimensionalen Datensatzes.
4. Bestimmen der Markerpositionen relativ zu den Knochenreferenzpunkten.
5. Berechnung der geplanten Endpositionen der Markeranordnung anhand der Ist- und Soll-Positionen der Knochenreferenzpunkte.
6. Bestimmen der Markerpositionen am Patienten präoperativ im Operationssaal.
7. Berechnung der Ist-Positionen der Knochenreferenzpunkte am Patienten.
8. Berechnung der Soll-Positionen der Knochenreferenzpunkte am Patienten.
9. Berechnung der Soll-Positionen der Markeranordnung.
10. Erfassen der Bewegung bzw. der Positionen der Markeranordnung mit der Positionserfassungseinheit.
11. Bestimmen der aktuellen Position der Knochenreferenzpunkte.
12. Berechnung des Abstands zwischen aktueller Position, Ist- und Soll-Position der Markeranordnung.
13. Berechnung des Abstands zwischen aktueller Position, Ist- und Soll-Position der Knochenreferenzpunkte.

Es ist zu beachten, daß die Schritte 1 bis 5 vor dem eigentlichen chirurgischen Eingriff am Patienten im Labor erfolgen.

#### Patentansprüche

1. System (1) zur Knochensegmentnavigation mit
  - einer Planungseinheit (3) zur Planung einer Knochensegmentverschiebung,
  - einer mit einem Knochensegment (5) zu verbindenden Markeranordnung (9),
  - einer die Position der Markeranordnung (9) erfassenden Positionserfassungseinheit (11),
  - einer Anzeige- und Verarbeitungseinheit (13), welche mit der Positionserfassungseinheit (11) und der Planungseinheit (3) verbunden ist, um die Abweichung der aktuellen Position des Knochensegments (5) von einer geplanten Knochensegmentendposition bzw. von einem geplanten Knochensegmentverschiebeweg anzuzeigen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Markeranordnung (9) über eine dem Knochensegment (5) zugeordnete Schablone (19) mit dem Knochensegment (5) verbunden ist.
2. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach Anspruch 1, wobei sich die Schablone (19) mit einer Paßfläche (21) flächig an das Knochensegment (5) anschmiegt.
3. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Markeranordnung (9) lösbar an der Schablone (19) angebracht ist.
4. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Schablone (19) über Osteosyntheseschrauben fest mit dem Knochensegment (5) verbindbar ist.
5. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Schablone (19)

einen länglichen Griffteil (33) aufweist, an dessen einen Ende die Paßfläche (21) und an dessen anderen Ende die Markeranordnung (9) angeordnet ist.

6. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach Anspruch 5, wobei die Markeranordnung (9) zumindest drei Infrarotsender (25, 27, 29) umfaßt, welche an einer sich quer zum länglichen Schablonengriffteil (33) erstreckenden Trägerstruktur (31) angeordnet sind.

7. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Paßfläche (21) der Schablone (19) Fenster (37, 39, 41) aufweist, um die Position von Punkten der Knochensegmentoberfläche auch unmittelbar mit Hilfe eines Tasters erfassen zu können.

8. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Anzeige- und Verarbeitungseinheit (13) die Abweichung der aktuellen Position der Markeranordnung (9) von einer geplanten Endposition der Markeranordnung (9) koordinatenmäßig anzeigt.

9. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Anzeige- und Verarbeitungseinheit (13) die Abweichung der aktuellen Position der Markeranordnung (9) von einer geplanten Endposition der Markeranordnung (9) als abstrahierte trianguläre oder polygonale Oberflächenstrukturen, die mit kongruenten Figuren in der Zielposition in Dekkung zu bringen sind, anzeigt.

10. System (1) zur Knochensegmentnavigation nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei ein von der Anzeige- und Verarbeitungseinheit (13) gesteuerter Arm eines Roboters das Knochensegment (5) verschiebt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1

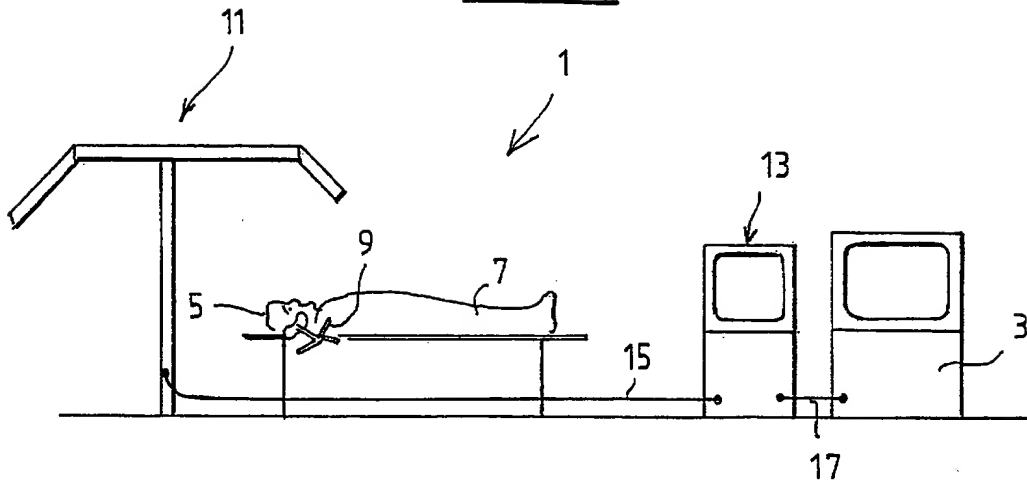


FIG. 2

